动 物 学 研 究 2005, Jun. 26 (3): 230-236 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

雄性根田鼠的同胞竞争及其对同性个体的气味识别

孙 平[1,3], 赵亚军[2,*], 赵新全[1], 李保明[2]
(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 中国农业大学 设施农业生物环境工程农业部重点实验室, 北京 100083; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 采用两两互作实验并以尿标记来确定共居至成年的2雄性根田鼠同胞在行为竞争上的差异, 之后在行为选择箱中分别观察它们对来自熟悉和陌生同性个体的新鲜尿气味的行为反应, 以确定气味识别差异。结果表明: ①雄性根田鼠两两互作时, 尿标记的多少可以作为判断其社会等级的标准; ②从属鼠对熟悉气味存在明显偏好, 其对熟悉气味的访问时间、接近频次和自我修饰频次都显著高于陌生气味; ③优势鼠则优先访问陌生气味, 其对陌生气味的访问时间、嗅舔频次、嗅舔时间、自我修饰及反标记均显著高于熟悉气味; ④对于陌生气味, 优势鼠和从属鼠之间存在明显不同的行为反应模式。本实验结果提示, 雄性根田鼠对同性尿气味识别的差异以及对陌生气味的行为反应, 可能暗含着其领域防卫的信息。

关键词: 根田鼠; 雄性同胞; 两两竞争; 社会等级; 尿气味识别
中图分类号: Q959.837; Q958.12 **文献标识码**: A **文章编号**: 0254-5853 (2005) 03-0230-07

Male Siblings Competition and Their Recognition of Odor Between Familiar and Novel Conspecifics of the Same Sex in Root Voles

SUN Ping[1,3], ZHAO Ya-jun[2,*], ZHAO Xin-quan[1], LI Bao-ming[2]
(1. *Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining* 810001, *China*;
2. *Ministry of Agriculture Key Laboratory for Agro-Biological Environmental Engineering, China Agricultural University, Beijing* 100083, *China*;
3. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*)

Abstract: In this study, the social ranks of male root vole siblings (*Microtus oeconomus*) were determined by dyadic interaction test, and then their behavioral patterns to orders of fresh urine from familiar and novel male voles were investigated in a behavioral choice maze. The behavioral statistics showed that: ① The urine marks can be used as the standard to estimate social rank when two voles in dyadic interaction. ②Subordinates preferred familiar odors. They spent more time visiting and approached more frequently to familiar odors than strange ones. And they self-groomed much more in familiar odorant box than in strange one. ③Dominants preferred strange odors, and showed significant differences between the familiar odors and the strange odors in visit time, sniff/lick frequency and time, self-grooming, and countermarks. ④ There existed a significant difference in behavioral pattern of response to strange odors between the dominant and subordinate voles. The results indicate that different response patterns of male voles in different social ranks reflect the different territorial behavioral patterns.

Key words: Root vole; Male sibling; Dyadic interaction; Social rank; Recognition of urine odorant

社会等级 (social rank) 是指同种动物个体间互作产生的社会地位差异而使其社群结构得以维持的属性, 优势动物则在获取食物、空间、配偶等资源的机会上明显多于从属动物 (Desjardins et al,

收稿日期: 2004-12-21; 接受日期: 2005-03-21
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30100016)
* 通讯作者 (Corresponding author), 北京市清华东路17号中国农业大学东区67信箱, E-mail: yajunzhao1@263.net, yak04@sina.com
第一作者简介: 孙平 (1975-), 男, 博士研究生, 研究方向为行为生态和化学通讯。

1973；Johnson，1973；Hurst，1990；Hurst et al，1993；Zhao et al，2003）。确定社会等级最简单的方法，是在中立竞技场中遭遇的两个体互作（dyadic interaction）时展现的仪式化斗殴行为（非致死性），经过若干个回合后双方分出胜负，一致的赢家在该领地中处于优势地位，另一方则处于从属地位（Drews，1993；Zhao et al，2003）。对于嗅觉通讯的动物而言，例如啮齿动物，遭遇的两个体也可以通过尿气味标记分出胜负，并非一定要通过身体接触式竞争划分社会等级（Roszenfeld & Rasmont，1991；Drickamer，1992）。

在啮齿动物中，利用气味信号进行种内个体识别的报道很多。这些工作显示，尿气味信号带有明显的个体特征、性别特征以及社会地位等信息，即信息素（pheromone）对于性识别、亲属识别、社会状态识别和配偶识别都是很重要的（Meredith et al，1980；Gosling，1982，1990；Horne & Ylönen，1996；Johnston，1993；Keverne，1999；Buck，2000；Del Punta et al，2002；Stowers et al，2002；Zufall et al，2002）。小家鼠除了利用气味标记来识别领域所有者之外，还能根据竞争性反标记（来源于入侵者或从属鼠）的存在，判断不同领域所有者或优势鼠的相关竞争能力（Hurst，1990）。

在田鼠属动物中，气味识别在雄－雄竞争中扮演何种作用？社会等级不同的雄鼠对陌生雄性尿气味采用什么样的行为响应模式呢？探讨这些问题对于理解田鼠动物雄性护域护偶中化学通讯机制是必要的。对单配制草原田鼠（*Microtus ochrogaster*）配偶选择的研究发现，雌性成体并不以雄鼠尿标记的频次和位点为标准（Thomas，2002），而当某雄性对另一个体标记进行覆盖标记（over-mark）时，雌性草原田鼠和混交制草甸田鼠（*M. pennsylvanicus*）对上层气味表现出明显偏好（Johnston et al，1997a，b；Ferkin，1999；Woodward et al，1999，2000）；山地田鼠（*M. montanus*）对无交配经历的异性个体气味有明显偏好（Ferguson et al，1986；Pierce & Dewsbury，1991）；一雄多雌制岸田鼠（*Clethrionomys glareolus*）雌性通常选择优势雄性作为配偶（Kruczek，1997），可能与后者较高的护域护偶能力有关。与岸田鼠类似，显现一雄多雌制特征的根田鼠（Zhao et al，1999，2000，2002a），其动情雌鼠在熟知雄性同胞身份的条件下对陌生非亲属雄性的气味更感兴趣，在择偶中通过与非亲属雄性交配来实现近交回避（Zhao et al，2002b）。对青春期雌性根田鼠初次择偶行为与雄性优势等级的研究发现，初次发情雌鼠对优势雄鼠存在明显偏好。这说明优势雄鼠与处于从属地位的同胞相比，能获得优先交配机会。同胎同胞虽具有遗传相似性，但雄性竞争的结果表现在体重和社会等级上具有显著差异，表明配偶选择在发挥作用（Zhao et al，2003）。但是不同社会等级雄性根田鼠对陌生雄性气味的识别模式尚不清楚。

本实验中，首先采用两两互作法观察了根田鼠两雄性同胞互作竞争时尿标记的差异以确定优势鼠和从属鼠，然后取熟悉和陌生雄性个体新鲜尿作为刺激性气味源，进行优势鼠和从属鼠对熟悉和陌生雄性尿气味标记的行为响应实验，分析处于不同社会等级的雄性对同种陌生雄性气味识别能力，并探讨这种雄－雄气味识别在护域护偶中的可能作用。

1　材料方法

1.1　实验动物

选择 10 对同巢饲养的雄性根田鼠同胞作为实验动物（或称实验鼠），其中一只的体重明显大于另外一只，其日龄为 90～120 d，体重为 27～35 g。实验动物的来源和饲养条件见 Sun et al（2004）的描述。

1.2　实验装置

本气味识别实验的行为选择箱（图 1）为品字形，材料为透明的有机玻璃，由 2 个气味源（odorant）箱（30 cm × 30 cm × 30 cm）和 1 个中立箱（45 cm × 30 cm × 30 cm）组成，中立箱由 2 根有机玻璃管（长 20 cm，直径 7 cm）与气味源箱相连，以闸门控制开关，中立箱和气味源箱上方盖以透明的有机玻璃板。在气味源箱中，以培养皿（直径 8 cm）盛有供体动物的新鲜尿作为气味源，实验动物可以在中立箱和气味源箱之间自由穿行。

1.3　实验程序

1.3.1　社会等级的判定　在室内，1 对根田鼠雄性同胎同胞在断奶后仍可共居至成年，而很少有伤害性攻击行为，表现出较高的社会容忍性；但是其社会等级较明显，可从体型和体重指标加以判断，在两两遭遇和配偶选择实验中，两者的行为差异与它们的体型差异是一致的（Zhao et al，2003）。而且，还由于啮齿动物尿标记可以提供反映其社会等级的信息（Drickamer，2001）。因此，我们通过两两

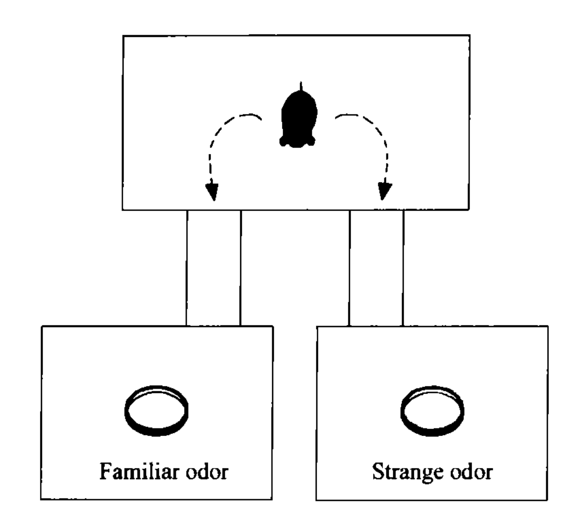


图1 行为选择箱平面示意图

Fig. 1 The apparatus was used in this experiment to test behavior choice

气味源箱（下方）和中立箱（上方）用有机玻璃制成，两者由透明玻璃管连通。

Odorant boxes (bottom) and neutral box (upper) were made of organic glass. Odorant boxes and neutral box were connected by polyethylene tubes.

互作实验（两两遭遇实验），然后分别统计同巢饲养的1对雄性根田鼠同胞尿标记的数量，来判定两者的社会等级。具体实验步骤如下：

以清洁的饲养箱做中立竞技场，中间用纱网隔开并用不透明隔板挡住，同时将1对同胞的2只雄鼠分别放入隔板两侧，适应1 min后，取掉隔板留下纱网，让其在各自区域自由活动，两两遭遇实验共进行4 min，实验结束后，利用紫外灯照射法，分别统计二者尿标记的斑和条数（Roszenfeld & Rasmont，1991；Drickamer，1992，2001）。如果4 min之内无尿标记，则该实验无效。尿标记多者为优势鼠，少者为从属鼠。

1.3.2 熟悉关系的建立 社会等级判定后就开始熟悉关系的建立。选择日龄/体重与实验鼠相近的健康成年雄性根田鼠作为刺激鼠（或称供体动物），刺激鼠与实验鼠在气味熟悉实验前从未谋面。取含刺激鼠尿的巢材放在培养皿中，放入干净的饲养箱中，然后引入实验鼠进行气味熟悉实验，每天2次（09：00和15：00）每次1 h，共持续4 d，以建立熟悉关系。并将该刺激鼠的尿作为熟悉气味，其他刺激鼠的尿作为陌生气味。气味熟悉实验完成后即进行气味识别实验。

1.3.3 气味源的制备 在气味识别实验的当天，以捕鼠笼将刺激鼠分别放在清洗干净的饲养箱上，饲养箱上铺两层纱网隔离粪尿。用镊子夹着脱脂棉沾取刺激鼠的尿液，在清洗干净的培养皿内涂匀并放在培养皿中央。为保证气味源的新鲜度，尿的排泄时间不超过30 min。所有实验操作都戴上外科手套进行，以避免其他气味对实验的干扰。

1.3.4 行为观察 气味识别实验在行为选择箱内进行，选择箱内的光照、温度和通风条件与饲养箱相同，行为观察时间为09：00—18：00。首先，将实验动物放入中立箱并能自由出入两气味源箱，适应5 min；然后用透明塑料管将动物固定在中立箱中央，关闭闸门；接着把来自熟悉和陌生个体的气味源分别放入2个气味源箱中央，静置2 min；最后打开闸门，放开动物，实验开始，观察并以秒表记录动物各种行为发生的频次和时间。如果在5 min内动物没有进入任一气味源箱，则取消该次实验；如果动物在玻璃管内持续停留时间超过3 min亦取消该次实验。10 min后结束实验，将实验动物放回原位置，用75%酒精擦洗观察箱，并用大量清水冲洗，然后烘干并间隔30 min，以除去可能影响下组实验的各种气味。为避免实验员的气味对实验的影响，所有实验操作都戴着外科手套进行。有关行为指标的定义参见Sun et al（2004）的描述。

1.4 数据分析

利用秒表，观察者记录各种行为变量的持续时间、发生频次，并将此数据输入计算机，其统计分析利用SPSS11.0软件包执行。采用Wilcoxon检验（非参数的配对样本 T 检验）比较优势鼠与从属鼠尿标记的差异，以及比较实验动物对熟悉和陌生气味的行为响应差异；用Mann-Whitney检验（非参数的独立样本 T 检验）比较优势鼠和从属鼠对陌生气味的行为响应差异。

2 结 果

2.1 社会等级的判定

两两遭遇实验中，10对同胞中的体重大者与轻者的尿标记的平均值分别为4.10±0.43和2.70±0.30，二者之间存在极显著差异（$t=-5.50$，$P<0.01$），结果表明：不同社会等级的两雄性同胞可作为气味识别的实验动物；同时，两两遭遇时尿标记的多少可以作为判断其社会等级的标准。

2.2 从属鼠对熟悉和陌生雄性尿的行为响应

Wilcoxon检验结果表明，从属鼠对熟悉气味的接近潜伏期显著短于对陌生气味的接近潜伏期。与陌生气味相比，从属鼠对熟悉气味表现出明显的偏

好，对熟悉气味的接近频次和自我修饰频次也都显著多于陌生气味，而访问频次、嗅/舔频次和时间、反标记以及其他指标，二者之间无显著差异（表1）。

2.3 优势鼠对熟悉和陌生雄性尿的行为响应

Wilcoxon检验结果还表明，优势鼠对陌生气味的接近潜伏期显著短于对熟悉气味的接近潜伏期，优势鼠对陌生气味的访问时间、嗅舔频次和嗅舔时间都明显高于熟悉气味。而其对熟悉和陌生气味的访问频次和接近频次无明显差异，在自我修饰频次、反标记以及其他指标上，二者之间的差异均达到显著水平（表2）。

2.4 不同社会等级个体对陌生气味行为响应的比较

采用Mann-Whitney检验比较优势鼠和从属鼠对陌生气味的行为响应差异，结果发现，从属鼠对陌生气味的接近潜伏期显著长于优势鼠（$P<0.05$），访问时间则极显著少于后者（$P<0.01$），而两者对陌生气味嗅舔时间的差异没有达到显著水平（$P>0.05$）（图2）；两者对陌生气味的访问频次无明显差异（$P>0.05$），但从属鼠对陌生气味的嗅舔频次极显著少于优势鼠（$P<0.01$）（图3）。

表1 从属鼠对熟悉和陌生同性个体尿气味的辨别（平均值±标准误）

Tab. 1 Duration and frequency (mean ± *SE*) of urine odor discrimination between the familiar and strange conspecifics of the same sex by the subordinate males in 10-mins tests

行为变量 Behavioral variable	熟悉气味 Familiar odor	陌生气味 Strange odor	显著性 Significance
接近潜伏期 Approach latency (s)	43.05 ± 15.72	211.21 ± 70.10	*
访问频次 Visit frequency	8.80 ± 1.60	6.60 ± 1.71	ns
访问时间 Visit time (s)	299.77 ± 35.18	150.55 ± 29.75	*
嗅舔频次 Sniff/lick frequency	7.20 ± 1.58	4.10 ± 0.98	ns
嗅舔时间 Sniff/lick time (s)	18.33 ± 4.33	10.74 ± 3.16	ns
接近频次 Approach frequency	4.70 ± 0.82	2.40 ± 0.69	*
自我修饰 Self-grooming frequency	12.70 ± 2.70	3.40 ± 1.21	*
反标记 Counter-marking frequency	1.40 ± 1.11	1.30 ± 1.10	ns

Wilcoxon检验，样本量为10：* $P<0.05$；ns为无差异。

Wilcoxon *t*-test, sample size $n=10$: * $P<0.05$; ns showing no significance.

表2 优势雄鼠对熟悉和陌生同性个体尿气味的辨别（平均值±标准误）

Tab. 2 Duration and frequency (mean ± *SE*) of urine odor discrimination between the familiar and strange conspecifics of the same sex by the dominant males in 10-mins tests

行为变量 Behavioral Variable	熟悉气味 Familiar odor	陌生气味 Strange odor	显著性 Significance
接近潜伏期 Approach latency (s)	240.40 ± 58.78	34.15 ± 14.60	*
访问频次 Visit frequency	3.89 ± 1.25	6.78 ± 1.02	ns
访问时间 Visit time (s)	93.51 ± 26.00	370.89 ± 36.65	*
嗅舔频次 Sniff/lick frequency	2.89 ± 0.81	9.44 ± 1.65	**
嗅舔时间 Sniff/lick time (s)	6.96 ± 2.08	22.90 ± 5.23	**
接近频次 Approach frequency	1.33 ± 0.69	3.22 ± 0.92	ns
自我修饰 Self-grooming frequency	2.56 ± 1.52	13.22 ± 4.14	*
反标记 Counter-marking frequency	0.22 ± 0.22	2.00 ± 0.88	*

Wilcoxon检验，样本量为10：* $P<0.05$；** $P<0.01$；ns为无差异。

Wilcoxon *t*-test, sample size $n=10$: * $P<0.05$; ** $P<0.01$; ns showing no significance.

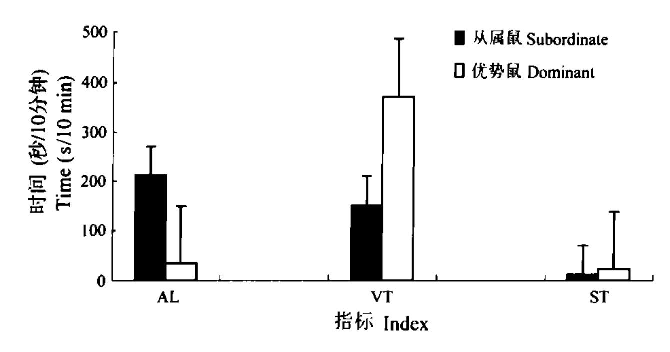


图 2 从属鼠和优势鼠对陌生气味的行为响应
Fig. 2 Behavioral responses of subordinates and dominants to strangers' odor
AL: 接近潜伏期 (Approach latency); VT: 访问时间 (Visit time); ST: 嗅舔时间 (Sniff/lick time)。

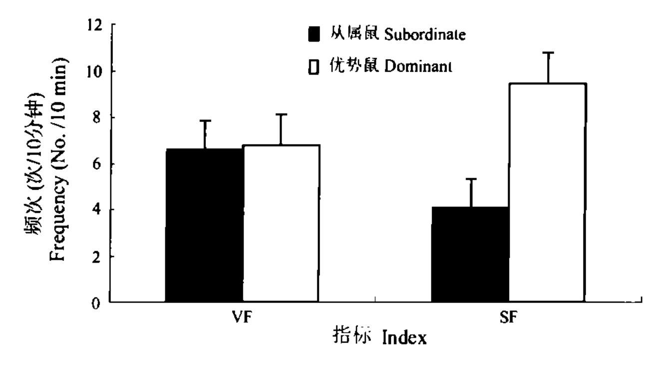


图 3 从属鼠和优势鼠对陌生气味的访问、嗅闻频次
Fig. 3 Frequencies of visit and sniff of subordinates and dominants to strangers' odor
VF: 访问频次 (Visit frequency); SF: 嗅舔频次 (Sniff/lick frequency)。

3 讨 论

已有的研究发现，雄性根田鼠配偶竞争导致优势鼠具有优先交配权 (Zhao et al, 2003)。根据对根田鼠巢区的调查推断，雄性根田鼠存在领域防御行为 (Tast, 1966; Sun et al, 1982; Lambin et al, 1992)。对青海门源地区根田鼠巢区的调查也发现，根田鼠的个体巢区每月都有重叠，5~8月繁殖时期成年雄鼠的巢区彼此重叠面积较大 (Sun et al, 1982); 因此，与周围个体遭遇的机会增加，个体间领域、配偶等资源的竞争不可避免。本实验以尿为气味源，根据不同社会等级根田鼠对熟悉和陌生气味刺激的行为响应，检验其护域能力的差异，具有一定的实际意义。

在本实验中，我们选用同胞雄性，一是因为它们有很高的社会容忍度可避免伤害性攻击，同时也很容易区分它们的优势或从属地位；二是在配偶竞争中，两者获益也显著不同 (Zhao et al, 2003)，这样，我们认为两者的护域能力自然也存在差异。在啮齿动物中，一个体的尿气味含有性别、社会地位 (social status)、领域等信息称之为信息素，可以被同种另一个体通过鼻子中的犁鼻器神经元所探测和识别，从而引起后一动物的行为和内分泌活动的相应变化 (Meredith et al, 1980; Keverne, 1999; Buck, 2000; Del Punta et al, 2002; Stowers et al, 2002; Zufall et al, 2002)，因此一个体对同种个体气味的尿标记行为也可以用来评价动物本身的社会状态或等级 (Drickamer, 2001)。本实验中，我们采用中立场两两遭遇实验，根据2只雄性同胞根田鼠尿标记的差异判断其社会等级，结果支持尿气味信号可以用来评价啮齿动物社会等级的观点。而本实验在区分社会等级状态上体重和尿标记差异的一致性结果，可能反映出两指标间某种内在的联系。

许多哺乳动物为表明其支配地位和竞争能力，在保卫领域时经常采用排放气味标记并对竞争者排放的标记进行反标记 (Johnson, 1973)。雄性优势小家鼠用尿标记其领域 (Desjardins et al, 1973) 并迅速反标记竞争者的标记 (Hurst, 1990)。Gosling (1982, 1990) 曾指出，领域占有者对其领域的气味标记导致的后果之一是，其竞争者只有通过与它们遇到的个体进行气味对抗，并排放支配气味以保证它们遭遇领域占有者时能够识别。Desjardins et al (1973) 的研究表明，当2只雄性家鼠间的社会等级关系形成后，从属鼠的尿标记行为便减少。因此，从属鼠的气味也可以作为其竞争能力低下的可靠信号。尽管受制于居群内的社会压力，但雄性个体能够产生竞争性信号并非必须具备高的竞争力。譬如，为了能够避免与"高质量邻居"的竞争性遭遇，与较高竞争力雄性毗邻的、占有一定区域的雄鼠就释放竞争性信号。多配制布氏田鼠的雄性优势个体对气味源周围区域的尿标记行为显著高于从属个体 (Zhang & Fang, 1996)。我们的数据表明，从属鼠对熟悉和陌生气味有同等强度的反标记 (表1)，而优势鼠对陌生气味的反标记则显著多于对熟悉气味的反标记 (表2)。因此对陌生气味反标记强度的差异也可以反映其社会等级的不同，这极可能与个体防卫领域和保护配偶能力有关。

嗅觉信号是田鼠类动物社交识别的基础 (Brown, 1985)。动物可以利用尿信号来识别不同领域的所有者或者明显的优势个体。对野生小家鼠的研究发现，从属鼠对优势雄鼠标记物的回避行为，与其在相邻个体的领域内被攻击和驱赶的经历

有关；这种经历也正是它们为何要回避该气味的原因（Hurst，1990）。我们的研究也发现，为了避免种内优势鼠的攻击，从属鼠对陌生气味的接近潜伏期显著长于熟悉气味，对陌生气味的访问时间显著少于对熟悉气味的访问时间，且对陌生气味的接近频次显著少于对熟悉气味的接近频次（表1）。

综上所述，我们认为雄性根田鼠具有社会等级，个体间社会等级的差异导致其领域行为模式的不同，即优势鼠主动保护自己的领域并探究临近个体的领域；从属鼠被动保护自己的领域，对临近个体的领域没有明显偏好。社会等级的存在是种群稳定的重要基础。领域防御对能量、时间的需求非常大，有时会对身体造成伤害甚至导致个体的死亡（Gosling et al，1996a，b；Hurst et al，1993），并且雄鼠也并不总是能够将其领域内的其他雄鼠驱逐出去（Hurst，1987）；因此，处于不同社会等级的根田鼠表现不同的领域行为也可以理解为一种适应策略。尽管某个体在社群中社会等级的决定因素还不是很清楚，可能受遗传、个体发育的社会环境条件等因子的影响，并且社会等级的稳定性也是相对的；但对不同社会等级根田鼠领域行为的研究，有助于加深对其亲属识别和配偶选择的理解。

致谢：感谢 L. Buck，M. H. Ferkin，L. M. Gosling，M. Meredith 和 F. Zufall 博士分别惠赠其论文抽印本。

参考文献：

Brown RE. 1985. The rodents: Ⅱ. Suborder myomorpha [A]. In: Brown RE, Macdonald DW. Social Odours in Mammals, Vol. 1 [C]. Oxford: Oxford University Press.

Buck LB. 2000. The molecular architecture of odor and pheromone sensing in mammals [J]. *Cell*, **100**: 611 - 618.

Del Punta K, Leinders-Zufall T, Rodriguez I, Jukam D, Wysocki CJ, Ogawa S, Zufall F, Mombaerts P. 2002. Deficient pheromone responses in mice lacking a cluster of vomeronasal receptor genes [J]. *Nature*, **419**: 70 - 74.

Desjardins C, Maruniak JA, Bronson FH. 1973. Social rank in the house mouse: Differentiation revealed by ultraviolet visualization of urinary marking patterns [J]. *Science*, **182**: 939 - 941.

Drews C. 1993. The concept and definition of dominance in animal behavior [J]. *Behav.*, **125** (3 - 4): 283 - 313.

Drickamer LC. 1992. Oestrous female house mice discriminate dominant from subordinate males and sons of dominant from sons of subordinate males by odour cues [J]. *Anim. Behav.*, **32**: 293 - 305.

Drickamer LC. 2001. Urine marking and social dominance in male house mice (*Mus musculus domesticus*) [J]. *Behav. Proc.*, **53**: 113 - 120.

Ferguson B, Fuentes SM, Sawrey DK, Dewsbury DA. 1986. Male preferences for unmated versus mated females in two species of voles (*Microtus ochrogaster* and *M. montanus*) [J]. *J. Comp. Psychol.*, **100** (3): 243 - 247.

Ferkin MH. 1999. Meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*, Arvicolidae) over-mark and adjacent-mark the scent marks of same-sex conspecifics [J]. *Ethology*, **105** (10): 825 - 837.

Gosling LM. 1982. A reassessment of the function of scent marking in territories [J]. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, **60**: 89 - 118.

Gosling LM. 1990. Scent marking by resource holder: Alternative mechanisms for advertising the costs of competition [A]. In: Macdonald DW, Muller-Schwarze D, Natynczuk SE. Chemical Signals in Vertebrates V [C]. Oxford: Oxford University Press.

Gosling LM, Atkinson NW, Collins SA, Roberts RJ, Walters RL. 1996a. Avoidance of scent-marked areas depends on the intruder's body size [J]. *Behaviour*, **133**: 491 - 502.

Gosling LM, Atkinson NW, Collins SA, Dunn S, Collins SA. 1996b. The response of subordinate male mice to scent marks varies in relation to their own competitive ability [J]. *Anim. Behav.*, **52**: 1185 - 1191.

Horne TJ, Ylönen H. 1996. Female bank voles (*Clethrionomys glareolus*) prefer dominant males; but what if there is no choice [J]. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **38** (6): 401 - 405.

Hurst JL. 1987. Behavioural variation in wild house mice (*Mus domesticus* Rutty): A quantitative assessment of female social organization [J]. *Anim. Behav.*, **35**: 1846 - 1857.

Hurst JL. 1990. Urine marking in populations of wild house mice *Mus domesticus* Rutty: Ⅰ. Communication between males [J]. *Anim Behav.*, **40**: 209 - 222.

Hurst JL, Fang JM, Barnard CJ. 1993. The role of substrate odours in maintaining social tolerance between male house mice, *Mus musculus domesticus* [J]. *Anim Behav.*, **45**: 997 - 1006.

Johnson RP. 1973. Scent marking in mammals [J]. *Anim. Behav.*, **21**: 521 - 535.

Johnston RE. 1993. Memory for individual scent in hamsters (*Mesocricetus auratus*) as assessed by habituation methods [J]. *J. Comp. Psychol.*, **107**: 201 - 207.

Johnston RE, Sorokin ES, Ferkin MH. 1997a. Scent counter-marking by male meadow voles: Females prefer the top scent male [J]. *Ethology*, **103**: 443 - 453.

Johnston RE, Sorokin ES, Ferkin MH. 1997b. Female voles discriminate males' over-marks and prefer top-scent males [J]. *Anim. Behav.*, **54**: 679 - 690.

Keverne EB. 1999. The vomeronasal organ [J]. *Science*, **286**: 716 - 720.

Kruczek M. 1997. Male rank and female choice in the bank vole, *Clethrionomys glareolus* [J]. *Behav. Proc.*, **40**: 171 - 176.

Lambin X, Krebs CJ, Scott B. 1992. Spacing system of tundra vole (*Microtus oeconomus*) during the breeding season in Canada's western Arctic [J]. *Can. J. Zool.*, **70**: 2068 - 2072.

Meredith M, Marques DM, O'Connell RO, Stern FL. 1980. Vomeronasal pump: Significance for male hamster sexual behavior [J]. *Science*, **207**: 1224 - 1226.

Pierce J, Dewsbury D. 1991. Female preferences for unmated versus mated males in two species of voles (*Microtus ochrogaster* and *Microtus montanus*) [J]. *J. Comp. Psychol.*, **105** (2): 165 - 171.

Roszenfeld FM, Rasmont R. 1991. Odor cue recognition by dominant male bank voles, *Clethrionomys glareolus* [J]. *Anim. Behav.*, **41**: 839 - 850.

Stowers L, Holy TE, Meister M, Dulac C, Koentges G. 2002. Loss of

sex discrimination and male-male aggression in mice deficient for TRP2 [J]. *Science*, **295**: 1493 - 1500.

Sun P, Zhao YJ, Zhao XQ. 2004. Sexual dimorphism of odoural discrimination in root voles [J]. *Acta Theriol. Sic.*, **24** (4): 315 - 321. [孙 平, 赵亚军, 赵新全. 2004. 根田鼠气味识别的性二型. 兽类学报, **24** (4): 315 - 321.]

Sun RY, Zheng SW, Cui RX. 1982. Home range of the root vole, *Microtus oeconomus* [J]. *Acta Theriol. Sic.*, **2** (2): 219 - 232. [孙儒泳, 郑生武, 崔瑞贤. 1982. 根田鼠巢区的研究. 兽类学报, **2** (2): 219 - 232.]

Tast J. 1966. The root vole, *Microtus oeconomus* (Pallas), as an inhabitant of seasonally flooded land [J]. *Ann. Zool. Fennici*, **3**: 127 - 171.

Thomas SA. 2002. Scent marking and mate choice in the prairie vole, *Microtus ochrogaster* [J]. *Anim. Behav.*, **63**: 1121 - 1127.

Woodward RL, Jr Schmick MK, Ferkin MH. 1999. Response of prairie voles, *Microtus ochrogaster* (Rodentia, Arvicolidae), to scent overmarks of two same-sex conspecifics: A test of the scent-masking hypothesis [J]. *Ethology*, **105**: 1009 - 1017.

Woodward RL, Jr Bartos K, Ferkin MH. 2000. Meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*) and prairie voles (*M. ochrogaster*) differ in their responses to over-marks from opposite- and same-sex conspecifics [J]. *Ethology*, **106**: 979 - 992.

Zhang L, Fang JM. 1996. Discrimination of male adult brandt's vole (*Microtus brandti*) on group odour during nonbreding period [J]. *Acta Theriol. Sic.*, **16** (4): 285 - 290. [张 立, 房继明. 1996. 非繁殖期布氏田鼠对群体气味的识别. 兽类学报, **16** (4): 285 - 290.]

Zhao YJ, Fang JM, Sun RY. 1999. Familiarity and mate choice of female and male root voles (*Microtus oeconomus*) in female natural estrus [J]. *Acta Theriol. Sin.*, **19** (4): 288 - 297.

Zhao YJ, Fang JM, Sun RY. 2000. Study paradigms of mating systems in voles [J]. *Acta Theriol. Sin.*, 20 (1): 68 - 75. [赵亚军, 房继明, 孙儒泳. 2000. 田鼠属动物婚配制度的研究范式. 兽类学报, **20** (1): 68 - 75.]

Zhao YJ, Tai FD, Wang TZ, Zhao XQ, Li BM. 2002a. Effects of the familiarity on mate choice and mate recognition in *Microtus mandarimus* and *M. oeconomus* [J]. *Acta Zool. Sin.*, **48** (2): 167 - 174. [赵亚军, 邰发道, 王廷正, 赵新全, 李保明. 2002a. 熟悉性对棕色田鼠和根田鼠择偶行为的影响. 动物学报, **48** (2): 167 - 174.]

Zhao YJ, Zhao XQ, Li BM, Tai FD, Wang TZ. 2002b. Kin recognition and mate choice of estrous females in root voles (*Microtus oeconomus*) [J]. *Acta Zool. Sin.*, **48** (4): 443 - 449. [赵亚军, 赵新全, 李保明, 邰发道, 王廷正. 2002b. 雌性根田鼠的亲属识别与配偶选择. 动物学报, **48** (4): 443 - 449.]

Zhao YJ, Sun RY, Fang JM, Li BM, Zhao XQ. 2003. Preferences of pubescent females for dominant vs subordinate males in root voles [J]. *Acta Zool. Sin.*, **49** (3): 303 - 309. [赵亚军, 孙儒泳, 房继明, 李保明, 赵新全. 2003. 青春期雌性根田鼠初次择偶行为与雄性优势等级. 动物学报, **49** (3): 303 - 309.]

Zufall F, Kelliher KR, Leinders-Zufall T. 2002. Pheromone detection by mammalian vomeronasal neurons [J]. *Microsc. Res. Tech.*, **58**: 251 - 60.

中国科学院昆明灵长类研究中心成立

经过多次论证和审核，中国科学院昆明灵长类研究中心（Kunming Primate Research Center，CAS）（以下简称“灵长类中心”）近日正式成立。“灵长类中心”是中国科学院下属的一个非法人研究单元，挂靠中国科学院昆明动物研究所（以下简称昆明动物所），并借鉴国际化管理模式，实行管理委员会领导下的主任负责制。

2005年4月12日，中国科学院生命科学与生物技术局批复成立了中心管理委员会、学术委员会及中心领导成员。管委会主任为中科院生物局副局长朱祯研究员，学术委员会主任为中科院副院长陈竺院士，中心主任为季维智研究员。

2005年5月19日，“灵长类中心”揭牌仪式在昆明动物所举行。中心主任季维智研究员向参会的200多位来宾介绍了中心成立的背景、发展方向和建设目标；随后中科院陈竺副院长发表了重要讲话；云南省省长助理汤黎路、中科院生物局副局长朱祯和昆明动物所所长张亚平院士也致辞对中心的成立表示祝贺。最后，陈竺副院长和汤黎路省长助理共同为“灵长类中心”揭牌。

众所周知，灵长类动物是人类的近亲，由于其在组织结构、免疫、生理和代谢等方面与人类高度近似，一直是建立病毒性传染疾病、精神神经性疾病、心血管疾病、肿瘤等人类重要疾病模型以及生殖生理和遗传学研究的最佳实验动物。在中科院知识创新工程建设中，与人类疾病与健康相关的基础和应用基础研究一直受到了高度重视，在三期知识创新工程的发展战略规划中，人口与健康被列为中科院的十大建设基地之一，新组建的“灵长类中心”是人口与健康基地建设的重要组成部分。

（下转第262页）